

130

TG69-43
Z73

高等学校教材

数控技术

周德俭 主编

重庆大学出版社

内 容 提 要

本书主要介绍现代机床数控技术的基本原理和基本应用方法。内容包括:数控机床的程序编制、数控插补原理、计算机数字控制装置、位置检测装置、数控机床伺服系统、典型数控机床与机床的数控改造。

本书将原理和应用介绍相结合,深入浅出地将数控技术所包含的主要内容和主要应用方法作了较全面的分析和叙述。全书共7章,各章既有联系性,又有一定的独立性,并在每章后面附有习题。本书可作为高等院校机械专业本科生、研究生的教材,也可作为高等职业技术教育类学生的专业教材,以及从事计算机数控技术工作的工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

数控技术/周德俭主编. —重庆:重庆大学出版社,
2001.11

机械设计制造及自动化本科系列教材

ISBN 7-5624-2320-2

I. 数... II. 周... III. 数控机床—高等学校—教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 25005 号

高等学校教材

数 控 技 术

主 编 周德俭

责任编辑 梁 涛

*

重庆大学出版社出版发行

新华书店经销

重庆电力印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:12.5 字数:312 千

2001年11月第1版 2001年11月第1次印刷

印数:1—5000

ISBN 7-5624-2320-2/TP·286 定价:18.00元



重庆大学出版社

当今世界,科学技术突飞猛进,知识经济已见端倪,综合国力的竞争日趋激烈。国力的竞争,归根结底是科技与人才的竞争。邓小平同志早已明确指出:科技是现代化的关键,而教育是基础。毫无疑问,高等教育是科技发展的基础,是高级专门人才培养的摇篮。我国高等教育在振兴中华、科教兴国的伟大事业中担负着极其艰巨的任务。

为了适应社会主义现代化建设的需要,在 1993 年党中央、国务院颁布《中国教育改革和发展纲要》以后,原国家教委全面启动和实施《高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划》,有组织、有计划地在全国推进教学改革工程。其主要内容是:改革教育体制、教育思想和教育观念;拓宽专业口径,调整专业目录,制定新的人才培养方案;改革课程体系、教学内容、教学方法和教学手段;实现课程结构和教学内容的整合与优化,编写、出版一批高水平、高质量的教材。

地处巴山蜀水的重庆大学,是驰名中外的我国重要高等学府。重庆大学出版社是一个重要的大学出版社,工作出色,一贯重视教材建设,从 90 年代初期开始实施“立足西部,面向全国”的战略决策,针对当时国内专科教材匮乏的情况,组织西部地区近 20 所院校编写、出版机械类、电类专科系列教材,以后又推出计算机、建筑、会计类专科系列教材,得到原国家教委的肯定与支持。在 1998 年教育部颁布《普通高等学校本科专业目

录》之后,重庆大学出版社立即组织西部地区高校的数十名教学专家反复领会教学改革精神,认真学习全国的教育改革成果,充分交流各校的教学改革经验,制定机械设计制造及其自动化专业的教学计划和各门课程的教学大纲,并组织编写、出版机械类本科系列教材。为了确保教材的质量,重庆大学出版社采取了以下措施:

- 发挥教育理论与教育思想的指导作用,将教学改革思想和教学改革成果融入教材的编写之中。

- 根据人才培养计划中对学生知识和能力的要求,对课程体系和教学内容进行整合,不过分强调每门课程的系统性、完整性,重在实现系列教材的整体优化。

- 明确各门课程在专业培养方案中的地位 and 作用,理顺相关课程之间的关系。

- 精选教学内容,控制教学学时数,重视对学生自主学习能力、分析解决工程实际问题能力和创新能力的培养。

- 增强 CAD、CAM 的内容,提高教材的先进性;尽可能运用 CAI 等现代化教学手段,提高传授知识的效率。

- 实行专家审稿制度,聘请学术水平高、事业心强、长期活跃在教学改革第一线的专家审稿,重点审查书稿的学术质量和是否具有特色。

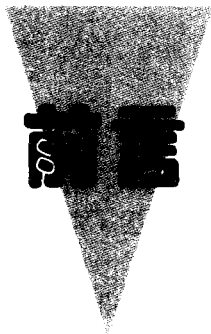
这套教材的编写符合教学改革的精神,遵循教学规律和人才培养规律,具有明显的特色。与出版单科教材相比,有计划地将教材成套推出,实现了整体优化。这富有远见。

经过几年的艰苦努力,这套机械类本科教材已陆续问世了。它反映了西部高校多年来教学改革与教学研究的成果,它的出版必将为繁荣我国高等学校的教材建设作出积极的贡献,特别是在西部大开发的战略行动中,起着十分重要的作用。

高等学校的教学改革和教材建设是一项长期而艰巨的工作,任重道远,不可能一蹴而就。我希望这套教材能够得到读者的关注与帮助,并希望通过教学实践与读者不吝指教,逐版加以修订,使之更加完善,在高等教育改革的百花园中奇花怒放!我深深为之祝愿。

中国科学院院士 杨叔子

2000 年 4 月 28 日



计算机数字控制技术在机床控制中的应用,使机床控制技术乃至机床本身达到了新的水平。由其形成的数控机床综合了计算机、自动控制、电气传动、测量技术、机械制造等领域的最新成就,是机电一体化典型产品。数控技术的应用越来越广,目前已成为各类机电一体化高新技术产品的主要控制技术,也是组成各类计算机制造系统、工厂自动化系统的主要技术基础。所以,它在机械制造、工业自动化等领域中占有重要的技术地位,是机电一体化高新技术的重要组成部分。

本书以计算机数控技术的基本原理,以及数控技术在机床控制中的应用为主线展开介绍和论述。编著中较注意原理论述和应用介绍之间的关系,力求使全书既能反映出数控技术所包含的主要内容,又能突出应用性强和易学易懂的特点。为此,在章节的安排和内容的取舍上参考了同类教材和结合实际教学、实践经验进行了认真的斟酌。

本书可作为工科院校本科生、研究生教材,也可作为高等职业技术教育学生的专业教材,以及作为从事计算机数控技术工作的工程技术人员的参考书。作为本科生教材时,参考学时为40~50学时。

全书共7章,第1章和第7章7.4由桂林电子工业学院周德俭编著;第3章、第5章由陕西工学院何宁编著;第2章、第4章由桂林电子工业学院蒋廷彪编著;第6章和第7章7.1~7.3由甘肃工业大学张永贵编

著。全书由周德俭统稿,由华中理工大学周云飞教授担任主审。在教材编写过程中,桂林电子工业学院的吴兆华、李春泉、黄春跃参加了有关资料收集、文稿和图形计算机处理及其审核工作。

由于编者水平有限,书中难免存在疏漏之处,请读者批评指正。

编 者

2000 年 12 月 25 日



1	概 论	1
1.1	数控技术与数控机床的基本概念	1
1.2	机床控制技术的产生和发展	2
1.3	机床数控系统的组成与分类	4
1.4	数控机床的自由度和数控标准	7
	习题一	11
2	数控机床的程序编制	12
2.1	概述	12
2.2	数控编程的标准	14
2.3	手工编程	19
2.4	数控编程的数学处理	34
2.5	自动编程简介	38
2.6	CAD/CAM 软件及数控加工程序的自动生成	43
	习题二	48
3	数控插补原理	50
3.1	概述	50

3.2 逐点比较法	51
3.3 数字积分法	58
3.4 数据采样插补	63
3.5 其他插补方法简介	66
习题三	67
4 计算机数字控制系统	68
4.1 概述	68
4.2 CNC 装置的基本信息	74
4.3 CNC 装置的硬件结构	76
4.4 CNC 装置的软件结构	80
4.5 数控系统常用接口	84
4.6 可编程控制器在数控机床中的应用	90
习题四	98
5 位置检测装置	100
5.1 概述	100
5.2 光栅	101
5.3 编码器	104
5.4 感应同步器	107
5.5 磁栅	112
5.6 旋转变压器	114
习题五	115
6 数控机床伺服系统	116
6.1 概述	116
6.2 开环控制系统与步进电机驱动电路	119
6.3 闭环伺服系统与反馈比较形式	128
6.4 直流伺服电机与调速系统	138
6.5 交流伺服电机与主轴驱动系统	146
习题六	150

7 典型数控机床与机床的数控化改造	151
7.1 概述	151
7.2 典型数控机床简介	154
7.3 数控机床的典型结构	160
7.4 机床的数控改造	177
习题七	186
参考文献	187

1

概 论

1.1 数控技术与数控机床的基本概念

1.1.1 数控技术和机床数控技术

数字控制是用数字化信息实现电气传动件控制的一种方法,是近代发展起来的一种自动控制技术。数控技术在机床控制中的广泛应用,形成了数控技术发展主流——机床数控技术和机床数控系统。机床数控系统能够逻辑地处理使用号码,或者其他符号编码指令规定的程序,能够自动完成机床加工信息的输入、译码、运算,从而控制机床的运动和加工过程。

应用数控技术或装有数控系统的机床简称为数控机床。数控机床是 20 世纪 50 年代以来发展起来的具有广阔发展前景的新型自动化机床,它综合了计算机技术、自动控制、精密检测和精密制造等方面的科技成果,是机电一体化的典型产品。

1.1.2 机床数控基本原理

工件在机床上的加工,是通过刀具相对工件的运动来完成的。为定量描述数控机床上刀具相对工件的运动位置和运动轨迹,首先要将零件图上的零件加工轮廓的几何信息和工艺信息数字化,按规定的代码和格式编写成加工程序。信息数字化是将刀具相对工件的运动轨迹在工作坐标系中分割成一些最小单位量,即最小位移量。数控系统按照程序的要求,经过信息处理、分配,控制各坐标轴移动若干个最小位移量,使刀具相对工件的运动轨迹符合工件加工轮廓形状的要求,完成工件的加工。

图 1.1 所示为二坐标平面运动中,利用相互垂直的两个坐标方向最小设定单位的分别移

动来合成直线 P_0P_1 和圆弧 P_0P_1 。一般的数控系统均能根据被加工工件的轮廓形状信息(如直线的始点和终点坐标、圆弧的始点和终点坐标及半径等)自动计算确定各坐标轴应移动的最小单位个数和动点坐标(称为插补计算),并对各坐标轴进行脉冲分配(脉冲个数和运动控制信息的顺序分配),通过伺服系统控制各坐标轴按要求的规律运动。对于任意曲线,一般可利用数控系统具有的上述直线插补和圆弧插补功能进行近似加工。

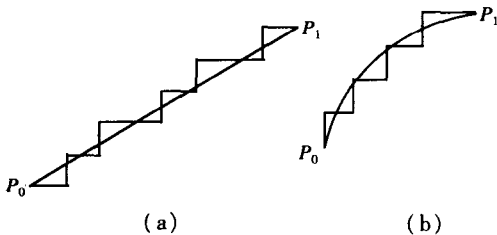


图 1.1 用单位运动合成直线和圆弧

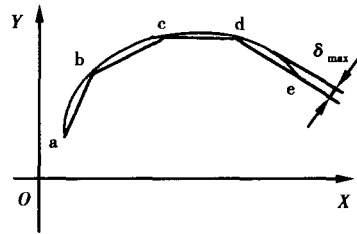


图 1.2 直线逼近曲线加工

图 1.2 所示是利用直线插补功能加工曲线的例子。图中 $a, b, c, d, \dots$ 各点是考虑了最大误差 $\delta_{\max}$ 在轮廓精度要求范围内所确定的加工线段节点。加工时,只要事先确定各节点坐标并输入数控系统,系统利用其直线插补功能就可自动完成该曲线轮廓的(直线逼近)加工。当被加工轮廓曲线精度要求较高时,则可利用圆弧插补功能进行圆弧逼近曲线加工。对于某些具有抛物线插补、螺旋线插补等二次曲线高次函数插补功能的系统,其曲线逼近的方法选择余地更大,能达到的加工精度也更高。

无论是数控系统的自动插补计算,还是利用直线、圆弧或高次函数来逼近曲线加工时的各节点坐标确定,实际上都是在被加工轨迹曲线上的已知点之间进行数据密化工作,这种坐标点“密化计算”统称为插补。数控系统所具备的自动插补能力的大小关系到数控机床的加工能力,自动插补能力越强,工件在机床上的数控成形方法越简单,加工复杂型面工件的能力越强,加工前期编程计算准备工作量越小。

1.2 机床控制技术的产生和发展

1.2.1 机床控制技术的发展

18 世纪中叶开始发展起来的机床,到 19 世纪末形成了较完整的基本类型。20 世纪初以来,随着科学技术和社会生产的迅速发展,机床的传动、结构和控制等方面也得到相应的改进和发展,机床的品种与日俱增,自动化程度不断提高。机床的自动控制技术也从纯机械控制(如借助靠模和凸轮自动加工较复杂零件的靠模机床、凸轮自动机床等)和电气自动控制(如借助继电器、接触器、限位开关等,按预定程序控制的自动化机床),以及由自动化单机、组合机床形成的加工自动线的“刚性”自动控制,逐步发展成由数控技术为核心的“柔性”自动控制。

数控机床以数字控制代替靠模或限位开关,其精度高,更换加工对象时调整方便,对现代机械产品日趋精密复杂和多品种小批量加工要求具有很强的适应性,数控技术已成为机床控制技术的发展方向。在该基础上,作为机床控制技术的更高层次发展,对加工过程进行检测与监控的故障自诊断控制、适应控制等控制技术也已在应用和发展之中。

1.2.2 数控机床的产生和发展

1948年,美国帕尔森兹公司(Parsons Corporation)在制造飞机框架及直升飞机叶片轮廓样板时,利用全数字电子计算机对轮廓路径进行数据处理,并考虑了刀具直径对加工路径的影响,使得加工精度达到较高的程度。后来,该公司与麻省理工学院合作开始了三坐标铣床数控化的研究工作,1952年公开发表了试制成功的世界上第一台数控机床样机,它采用电子管元件,三坐标联动,可作直线插补。在该基础上,1955年,经改进后的数控机床进入实用阶段,在加工复杂的曲面零件中发挥了很大的作用。

1959年,随着晶体管元件的诞生和在数控系统中的应用,数控机床跨入第二代。1959年3月,克耐·杜列克公司(Keaney & Trecker corp)发明了带有自动换刀装置的数控机床,称为“加工中心”。从1960年开始,德国、日本等工业国家都陆续开发、生产及使用了数控机床。

1965年,出现了小规模集成电路,它的应用使数控系统的可靠性进一步提高,数控系统发展到第三代。

以上三代数控系统都是采用专用控制计算机的硬逻辑系统,装有这类系统的机床为普通数控机床,简称NC(Numerical Control)机床。

1970年,在美国芝加哥国际机床展览会上,首次展出了利用小型计算机取代专用数控计算机,数控的许多功能由软件程序实现的计算机数控(CNC:Computer Numerical Control)系统,称为第四代系统。

1974年,美、日等国首先研制出以微处理器为核心的数控系统,简称微机数控(MNC:Microcomputer Numerical Control)系统,这就是第五代数控系统。近20多年来,由微机数控系统控制的数控机床和数控加工中心得到飞速发展和广泛应用,它们是形成柔性制造单元(FMC:Flexible Manufacturing Cell)、柔性制造系统(FMS:Flexible Manufacturing System)、计算机集成制造系统(CIMS:Computer Integrated Manufacturing System)等先进制造单元和先进制造系统的基础。

随着个人计算机(PC)技术性能和可靠性不断提高,20世纪80年代末期开始出现以PC为基础的CNC,由于其有良好的开放性,发展速度很快,目前,美、日等国均将它作为重要的发展方向,并已从90年代初开始不断推出采用PC的CNC系统新产品。

我国从1958年开始研究数控技术,开始也是从电子管着手,有些高校和科研单位有过试验性样机。1965年,开始研制晶体管数控系统,60年代末至70年代初,研制成功数控非圆齿轮插齿机、CJK-18型晶体管数控系统及X53K-1G立式数控铣床等。从70年代开始,数控技术各种类型机床中应用研究工作得以展开,数控加工中心研制成功,数控线切割机在模具加工中得到了推广,但由于电子元器件质量和制造工艺水平差,致使数控系统的可靠性、稳定性未能得到解决,因此,数控技术未能得到广泛推广。

20世纪80年代,我国开始走技术引进和自行研制相结合的路子,从日、美、德等国引进了

一些新技术和以日本 FANUC 系列为主的数控系统,对国内数控机床和数控技术的稳定发展起到了积极的推进作用。80 年代中期开始,国内数控机床的品种有了新的发展,种类不断增多,规格趋向齐全。目前,我国已有几十家机床厂能生产不同类型的数控机床和数控加工中心机床,建立了以中、低档数控机床为主的数控产业体系,在高档数控机床的研制方面也有了较大的进展。在数控技术领域中,我国和先进工业国之间存在着不小的差距,但这种差距正在不断缩小。

1.2.3 数控机床的特点和运用范围

数控机床能在机械加工中得到广泛的应用,主要由于它有如下一些特点。

①易于加工形状复杂的零件,加工精度高。现代数控机床已具有较强的插补功能和自动编程功能,可方便地对复杂轮廓进行自动编程及加工处理,加工精度可达 μm 级,且不受零件形状复杂程度的影响。

②工件加工周期短,生产效率高。使用数控机床加工零件,对工模具、专用工装夹具、划线加工准备等要求大幅度降低;由于加工中有较高的重复精度,检验工作也得以简化;零件变更调整时间、刀具变更调整时间减少;这些方面的变化使工件加工周期大为缩短、生产效率显著提高。

③加工质量稳定,劳动强度低。程序自动控制,大幅度减轻了操作工人的劳动强度,同时减少了人为因素,使产品加工质量比较稳定,一致性好。

④可实现精确的成本计算和科学管理。数控加工可正确计算出加工工时和生产进度计划等成本和管理信息,能减轻工模具管理及半成品储存工作量,可实现一机多用、多机看管,具有广泛的适应性和较大的灵活性。这些均为降低成本,提高管理水平创造了有利的条件。

⑤有利于实现优化控制和生产系统的集成。计算机数字控制、标准代码编程等数控机床的基本控制形式,非常有利于多机之间或与计算机管理系统进行联接,实现生产系统的信息集成。

由于数控机床具有上述一系列特点,一般而言,它最适宜应用于轮廓形状复杂程度较高、批量不大的零件加工;适宜作为 FMC、FMS、CIMS 等制造单元或制造系统的主体加工设备。

1.3 机床数控系统的组成与分类

1.3.1 机床数控系统的组成

数控机床一般由控制介质、数控装置、伺服系统、测量反馈系统和机床主机等部分组成,如图 1.3 所示。

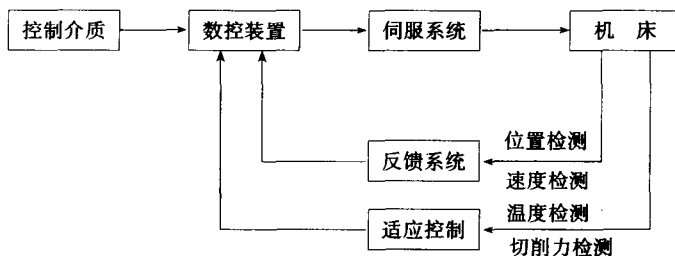


图 1.3 数控机床的组成

(1) 控制介质

控制介质是存储数控加工信息的载体,它可以是穿孔带、磁带和磁盘等。数控加工信息包括零件的加工程序,加工零件时,刀具相对工件的位置和机床的全部动作控制指令等,它们按照规定的格式和代码记录在信息载体,也即控制介质上。

(2) 数控装置

数控装置是数控机床的核心,现代数控机床都采用计算机数控(CNC)装置。数控装置一般由输入、信息处理和输出三大部分构成。控制介质通过输入单元(如穿孔带阅读机、磁带机、磁盘机等)输入,转换成可以识别的信息,由信息处理单元按照程序的规定将接收的信息加以处理(如插补计算、刀具补偿等)后,通过输出单元发出位置、速度等指令给伺服系统,从而实现各种控制功能。

(3) 伺服系统

伺服系统是把来自数控装置的各种指令,转换成机床执行机构运动的驱动部件。它包括主轴驱动单元、进给驱动单元、主轴电机和进给电机等。伺服系统直接决定刀具和工件的相对位置,其性能是决定数控机床加工精度和生产率的主要因素。一般要求数控机床的伺服系统应具有较好的快速响应性能,以及具有能灵敏而准确地跟踪指令功能。

(4) 测量反馈系统

测量反馈系统由检测元件和相应的电路组成,其作用是检测机床的实际位置、速度等信息,并将其反馈给数控装置与指令信息进行比较和校正,构成系统的闭环控制。

(5) 适应控制

适应控制是指针对机床当前的工作环境,如温度、振动、摩擦和切削力等因素和变化加以检测,将相关信息输入数控装置,使系统能对环境因素变化引起的误差作出补偿,以期提高加工精度和生产率。适应控制仅用于高效率 and 加工精度高的数控机床,一般数控机床很少采用。

(6) 机床主机

机床主机包括床身、主轴、进给机构等机械部件。由于数控机床是高精度和高生产率的自动化机床,它与普通机床相比,其主机应具有更好的刚性和抗振性,相对运动面摩擦系数要小,

传动部件之间的间隙要小,还应具有较好的动态特性、动态刚度、阻尼精度、耐磨性以及抗热变形性能等,因此,数控机床的结构必须根据其性能要求进行专门设计,才能充分发挥数控机床的性能。

1.3.2 机床数控系统的分类

(1) 按运动方式分类

1) 点位控制系统

点位控制的特点是只须控制机床实现由一个坐标点到另一个坐标点的精确定位,移动和定位过程中不进行任何加工,其运动轨迹误差不影响加工精度,可不作严格控制。因此,几个坐标轴之间无联动功能也能实现点位控制。为了减少运动和定位时间,保证定位精度,点位控制一般均采用先高速运行接近定位点,再逐渐减速以低速准确定位的运行模式。采用点位控制的数控机床主要有数控钻床、数控冲床和数控测量机等。

2) 直线控制系统

直线控制除要保证点到点的精确定位外,还要求点到点的运动过程是直线切削加工过程,其运动轨迹一般是平行于坐标轴的直线或与各坐标轴成 45° 的斜线,运动时的速度可以控制。该类控制方式各坐标轴无联动功能,一般只能作单坐标切削进给运动,因此只能加工轮廓较简单的工件。采用直线控制系统的数控机床有早期的数控车床、数控镗铣床、加工中心等。

3) 轮廓控制系统

轮廓控制系统能同时控制两个或两个以上坐标轴联动,具有插补功能,能对运动轨迹和速度进行精确的不间断的控制,可加工轮廓复杂的工件。采用轮廓控制的数控机床有数控铣床、数控车床、数控磨床和加工中心等。现代数控机床一般均具有多坐标联动轮廓控制功能。轮廓控制也常称为轨迹控制或连续控制。

(2) 按控制方式分类

1) 开环控制系统

开环控制系统是指设有检测反馈装置的控制系统。典型的开环控制系统组成框图如图1.4所示,数控装置每发出一个指令(脉冲)放大后驱动步进电机转动一个步距,再经过减速齿轮带动丝杠旋转,通过丝杠螺母副传动工作台移动。其精度依赖于步进电机及齿轮、丝杠的传动精度,工作台的移动量与进给脉冲数量成正比。采用这类控制方式的机床比较稳定、调试方便、控制精度较低,适用于经济型、中小型数控机床。

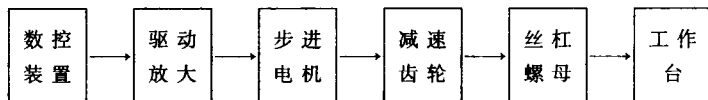


图 1.4 开环控制系统方框图

2) 闭环控制系统

闭环控制系统是在机床移动部件位置上装有直线位置检测装置,可将测量到的实际位移值反馈到数控装置中,与输入的指令位移值进行比较,用差值进行运动控制和误差修正,最终

实现移动部件的精确定位,其框图如图 1.5 所示。从理论上说,闭环系统的运动精度主要取决于检测装置的精度,与传动链误差无关。实际上,机床的结构、传动装置以及传动间隙等非线性因素都会影响其精度,严重的还会使闭环系统的品质下降甚至引起振荡。

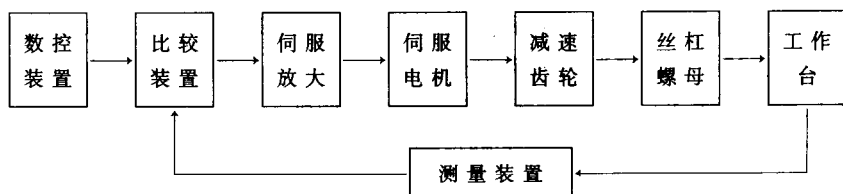


图 1.5 闭环控制系统方框图

3) 半闭环系统

如图 1.6 所示,半闭环系统的检测元件装在电机或丝杠的端头,采用角位移测量元件、测量电机或丝杠的转动量,间接地测量工作台的移动量。从理论上讲,半闭环精度低于闭环,但这类系统的闭环路径内不包括或较少包括机械传动环节,可获得较稳定的控制特性,通过高分辨率测量元件也能获得较满意的控制精度,且有调试方便、价廉等特点,因此使用较广。

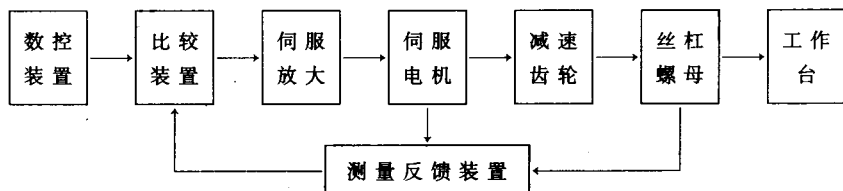


图 1.6 半闭环控制系统方框图

(3) 按功能和用途分类

按数控系统的功能强弱可分为全功能数控系统和简易数控系统。全功能数控系统控制功能俱全,可键盘输入、穿孔带输入或磁盘输入零件加工程序,可代码编程也可自动编程,可监控操作还可显示图形。简易数控大多只具有键盘输入、代码编程、数码管显示功能。

按数控系统的用途可分为通用型数控系统、车床数控系统、铣床数控系统等。

按数控系统所使用的计算机还可分为专用计算机控制(又称硬件数控)系统和通用计算机控制(又称软件数控)系统。

1.4 数控机床的自由度和数控标准

1.4.1 数控机床的自由度

一般机械的自由度是指具有确定运动时所必须给定的独立运动参数的数目。例如,在笛卡儿坐标系中,具有沿 X, Y, Z 三坐标直线移动和绕三坐标旋转共 6 个自由度。数控机械不受空间 6 个自由度的限制,只要存在一个能独立运动的直线轴或旋转轴,就称为有一个轴或一个坐标。如果有 3 个能独立运动但相互平行的直线轴,也称为三轴或三坐标。因此,数控机械可

能不止 6 个自由度(或称为六轴、六坐标)。

数控机械在进行连续(轨迹)控制过程中,若干轴同时动作或同时受控称为联动。能联动的轴数越多,说明数控系统的功能越强,同时数控机床的加工功能也越强。图 1.7 所示为棒铣刀加工外凸轮,工件相对刀具的轨迹是平面曲线,则为 X - Y 轴联动(即 2 轴联动),若铣刀长度较短而凸轮较宽,铣刀一次不能加工出整个凸轮宽度,而是每次沿凸轮轨迹加工一周后自动沿 Z 轴进给(与 X , Y 轴不联动)一段下周期凸轮宽度方向切削量,接着再按凸轮轨迹循环加工直至完成,则称其为 2.5 轴联动。当 X , Y , Z 轴可同时连续控制,则为 3 轴联动。如图 1.8 所示,3 轴联动可加工空间曲面。

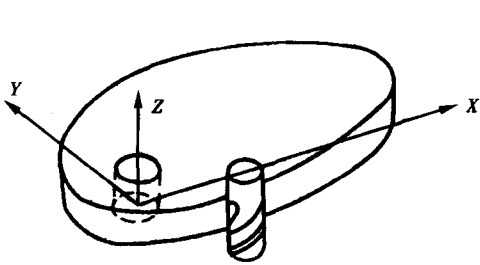


图 1.7 二轴联动

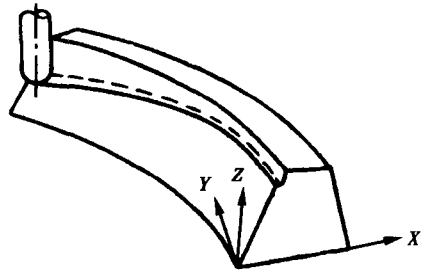


图 1.8 三轴联动

几轴几联动是数控机床的重要技术指标。如 3 轴 2 联动数控铣床,具有 X , Y , Z 3 个直线轴,可令任意两轴联动,一般只能加工平面曲线,而 3 轴 3 联动则可加工简单空间曲面。若是 4 轴 3 联动数控铣床,即 3 条直线和 1 个旋转轴可任意三轴联动,则可加工较复杂的空间曲面。

1.4.2 坐标轴和运动符号的规定

为统一数控机床坐标和运动方向的描述,国家有关部委颁布了《数字控制机床坐标和运动方向的命名》标准(JB3051—82)。它规定:不管是刀具还是工件移动的机床,都看做是刀具相对静止的加工工件移动。对于安装在机床上的工件,机床的直线运动坐标系用右手定则表示(如图 1.9)。加工程序编制时,用建立在工件的右手直角坐标系作为标准坐标系。

标准坐标系中各坐标轴的确定方法如下:

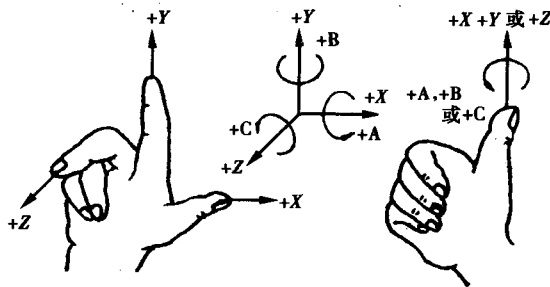


图 1.9 右手直角坐标系